

## ANALISIS EFEKTIVITAS SECONDARY SKIN TERHADAP NILAI OTTV DAN PENCAHAYAAN ALAMI PADA RUANG AUDITORIUM FIAI UII

Andi Saifulhaq<sup>1</sup>, Dyah Hendrawati<sup>2</sup>, Kevin Ananda<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Arsitektur Universitas Islam Indonesia

Surel: 045120411@uii.ac.id

**ABSTRAK:** Konservasi energi merupakan prioritas bagi Indonesia dalam mengurangi konsumsi energi, khususnya dalam sektor bangunan yang memiliki potensi tinggi. Standar SNI 03-6389-2011 menetapkan batasan maksimum OTTV sebesar 35 W/m<sup>2</sup> untuk mendukung upaya konservasi energi dalam perancangan selubung bangunan. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan simulasi velux dan tabel OTTV PUPR untuk menguji pengaruh penggunaan secondary skin pada bangunan. Pengukuran OTTV dilakukan pada dua sisi bangunan, yaitu dari sisi barat dan timur, dengan dan tanpa secondary skin. Analisis data melibatkan 2 tipe secondary skin untuk mendapatkan hasil OTTV yang sudah sesuai SNI dan pengaruh 2 tipe secondary skin terhadap pencahayaan alami. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk dan konfigurasi grid secondary skin mempengaruhi penurunan nilai pencahayaan di dalam ruang. Perancangan sistem fenestrasi dan penggunaan grid secondary skin dengan WWR yang sama menjadi faktor yang berperan di dalam menentukan nilai OTTV yang dihasilkan oleh ruang auditorium FIAI, dimana sistem fenestrasi, grid, dan bentuk secondary skin yang berbeda memberikan hasil yang berbeda. Penggunaan secondary skin FIAI belum memenuhi standar OTTV, namun telah memenuhi standar pencahayaan alami, namun dengan penggunaan desain secondary skin yang berbeda dapat memenuhi standar baik OTTV maupun pencahayaan alami.

**Kata kunci:** OTTV, pencahayaan alami, secondary skin, WWR

### 1. PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Isu global yang berkaitan dengan lingkungan dan energi merupakan isu yang harus dihadapi oleh peradaban manusia saat ini. Peningkatan yang signifikan terkait penggunaan energi untuk meningkatkan taraf hidup manusia telah banyak mengeksploitasi sumber-sumber daya energi dan memberikan dampak bahaya lingkungan fisik alamin dalam skala global (Iqbal, 2015). Bangunan merupakan salah satu konsumen energi terbesar dikarenakan energi yang dikonsumsi sangat besar, maka pembuat kebijakan sering mengatur indeks energi bangunan untuk membuat desain bangunan yang hemat energi. Gedung merupakan salah satu konsumen energi terbesar dengan seluruh infrastruktur penunjangnya. Oleh karena itu, penghematan energi harus menjadi fokus utama dalam perancangan gedung, terutama dalam optimalisasi sistem tata udara dan tata cahaya.

Konsumsi energi global yang diperkirakan semakin meningkat dalam 20 tahun mendatang (2020-2040) telah mencapai presentasi 48% di tahun 2010 sektor bangunan semakin meningkat akan pemakaian konsumsi energi global dengan persentase 40% terutama penggunaan HVAC (*Heating, Ventilation, and Air-Conditioning*) dikarenakan manusia modern 90% waktunya dihabiskan di dalam ruangan yang menyebabkan kebutuhan energi semakin meningkat, sementara ketersediaan semakin berkurang dan mendorong munculnya energi pambangunan keberlanjutan (Ananda, 2023). Sistem pendingin merupakan komponen pengguna energi terbesar dalam suatu gedung, dengan persentase penggunaan energi listrik mencapai 50-70% dari total keseluruhan, sedangkan pencahayaan hanya menggunakan 10-25%, dan elevator hanya 2-10%. Di banyak negara dan wilayah, pemerintah telah mengadopsi *Overall Thermal Transfer Value (OTTV)* sebagai indeks yang menjelaskan keseluruhan laju transfer melalui selubung bangunan (Hwang et al., 2018).

Selubung bangunan dan bidang atap adalah elemen penting dalam membatasi beban external dan penggunaan energi pada bangunan. Badan SNI telah menetapkan kriteria desain selubung bangunan untuk mengurangi beban external. Kriteria ini diukur dengan (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) sebesar 35 W/m<sup>2</sup>. Persyaratan ini berlaku untuk bangunan yang dikondisikan dan bertujuan untuk mengurangi beban external sehingga dapat mengurangi beban pendinginan. Untuk memenuhi kriteria konservasi energi pada selubung bangunan dan memenuhi kualifikasi bangunan hemat energi, diperlukan serangkaian parameter analisis energi. Parameter meliputi rasio jendela kaca terhadap dinding (Window to Wall Ratio/WWR), jenis, tebal, dan warna dinding luar, penggunaan alat peneduh, konduktivitas kaca, isolasi pada atap dan dinding, serta penyerapan atap dan dinding, arah hadap bangunan, dan lain sebagainya.

Gedung Fakultas Ilmu Agama Islam UII yang berada di Kec. Ngemplak, Sleman, Yogyakarta merupakan gedung baru yang didirikan di kampus UII 2022 sebagai lokasi penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh fasad *secondary skin* terhadap nilai OTTV yang akan melibatkan pengukuran parameter WWR di dalam ruangan dengan dan tanpa fasad *secondary skin* untuk menentukan penggunaan *Secondary Skin* tersebut sudah sesuai SNI OTTV dan pengaruh bentuk *Secondary Skin* terhadap pencahayaan alami di dalam ruangan gedung FIAI.

### Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh bentuk *secondary skin* terhadap pencahayaan alami di dalam ruang auditorium gedung FIAI ?
2. Bagaimana pengaruh bentuk fasad *secondary skin* terhadap nilai OTTV ?

### Tujuan

Untuk mengetahui pengaruh bentuk *secondary skin* terhadap pencahayaan alami di dalam ruang auditorium gedung FIAI dan pengaruh bentuk fasad *secondary skin* terhadap nilai OTTV.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### OTTV

OTTV (Overall Thermal Transfer Value) adalah nilai rata-rata perpindahan panas per meter persegi (watt/m<sup>2</sup>) melalui selubung bangunan. Diperkenalkan oleh Singapura pada 1979, OTTV telah diadopsi oleh berbagai negara di Asia, termasuk Hong Kong, Indonesia, Malaysia, Filipina, dan Thailand. SNI 03-6389-2011 mendefinisikan selubung bangunan sebagai elemen yang menentukan energi termal bangunan. OTTV digunakan sebagai kriteria perancangan dinding dan kaca luar bangunan yang dikondisikan, dengan batasan nilai perpindahan termal maksimum 35 W/m<sup>2</sup>. Semakin tinggi nilai OTTV, semakin tinggi energi yang diterima oleh bangunan per meter persegi, dan konsep OTTV melibatkan tiga elemen dasar perpindahan panas pada selubung luar bangunan.

Imran (2019) menyatakan bahwa WWR (Windows to Wall Ratio) adalah perbandingan antara luas bukaan pada dinding bangunan dengan luas dinding pada bidang yang sama. Dalam desain bangunan pasif yang mengutamakan pemanfaatan sumber daya alam, semakin tinggi nilai WWR pada selubung bangunan akan meningkatkan kinerja termal. Namun, dalam desain bangunan aktif, hal ini berlaku sebaliknya. Untuk mencapai bangunan hemat energi, perlu mempertimbangkan kriteria konservasi energi yang melibatkan selubung bangunan, seperti Window to Wall Ratio (WWR), jenis, tebal, dan warna dinding luar, penggunaan alat peneduh, konduktivitas kaca, insulasi pada atap dan dinding, penyerapan pada atap dan dinding, arah hadap bangunan, serta faktor-faktor lainnya.

Sun shading adalah elemen bangunan yang mencegah cahaya matahari masuk langsung ke dalam ruangan. Fungsinya meliputi penghalang panas dengan memblokir sinar matahari

(Purnama, 2020). Sun shading memiliki berbagai bentuk dan material yang digunakan bervariasi.

| No | Jenis  | Efektivitas Penggunaan                  | Model   | Shading Coefficient |
|----|--|---|---|---------------------|
| 1. | Canilever (Overhang)                                 | Bidang bangunan menghadap utara         |  | 0.25                |
| 2. | Lower overhang horizontal                            | Bidang Bangunan menghadap utara selatan |  | 0.2                 |
| 3. | Panels (awning)                                      | Bidang bangunan                         |  | 0.15                |
| No | Jenis  | Efektivitas Penggunaan                  | Model   | Shading Coefficient |
| 4. | Horizontal louvre screen                             | Bidang bangunan menghadap timur barat   |  | 0.6-0.1             |
| 5. | Egg crate (kombinasi elemen horizontal dan vertikal) | Bidang bangunan menghadap timur barat   |  | 0.1                 |
| 6. | Vertical Louvre                                      | Bidang bangunan menghadap timur barat   |  | 0.3                 |

**Gambar 1** : Jenis Elemen Peneduh  
Sumber : Egan (1975) (dalam Talarosha (2005))

### Pencahayaan Alami

Pencahayaan alami, sumber cahaya dari sinar matahari, memberikan banyak keuntungan, termasuk menerangi ruangan dan menghemat listrik pada siang hari (Nurhaiza, 2016). Untuk mendapatkan pencahayaan alami yang baik, perlu memperhatikan distribusi cahaya melalui jendela dan orientasi bukaan. Semakin lebar bukaan, semakin banyak cahaya masuk ke dalam ruangan, dan letak bukaan terhadap arah sinar matahari juga mempengaruhi kualitas pencahayaan (Vidiyanti dkk., 2020). Lubang cahaya yang terlalu besar dapat menyebabkan masuknya cahaya matahari yang berlebihan dan membawa radiasi ke dalam bangunan, menghadirkan dilema antara pencahayaan alami dan penghawaan alami yang mempengaruhi kondisi termal ruangan (Narhadi, 2019). Bukaan cahaya pada bangunan berperan penting dalam menciptakan kualitas pencahayaan alami yang baik dan harus direncanakan dengan tepat sesuai lokasi bangunan (Vidiyanti, 2018).

Pada tahun 2005, Nabil dan Mardaljevic menciptakan skema baru bernama Useful Daylight Illuminance (UDI) yang berguna untuk menilai potensi cahaya alami dengan cara yang lebih mudah (Nabil & Mardaljevic, 2006). UDI bekerja dengan menghitung persentase waktu selama satu tahun (atau periode lainnya) di mana suatu titik tertentu menerima cahaya alami dalam jangkauan tertentu. Pengukuran UDI dilakukan dengan memperhitungkan interval waktu matahari per jam serta data cuaca dan lokasi untuk menentukan sunpath (Bahdad et al., 2020). UDI mengambil iluminasi cahaya alami pada jangkauan 100 – 2000 lux. Jangkauan tersebut digunakan berdasarkan kondisi (Nabil & Mardaljevic, 2006):

- Iluminasi cahaya alami kurang dari 100 lux umumnya dianggap tidak cukup baik sebagai sumber penerangan tunggal atau tidak memiliki kontribusi signifikan dalam penggunaan cahaya buatan.
- Iluminasi cahaya alami pada jangkauan 100 – 500 lux dianggap efektif sebagai sumber penerangan tunggal atau saat dipadukan dengan cahaya buatan.
- Iluminasi cahaya alami pada jangkauan 500 – 2000 lux sering dianggap baik sebagai dikehendaki atau setidaknya dapat ditoleransi (maksimal).
- Iluminasi cahaya alami di atas 2000 lux umumnya menghasilkan ketidaknyamanan visual atau termal, atau keduanya.

Berdasarkan SNI 03-6575-2001 tentang tingkat pencahayaan minimum yang

direkomendasikan untuk auditorium mengikuti SNI yang memiliki fungsi yang sama berdasarkan standar ruang Ballroom/ruang sidang SNI 03-6575-2001 dengan tingkat pencahayaan minimum 200 lux.

| Fungsi ruangan         | Tingkat Pencahayaan (lux) | Kelompok renderasi warna | Keterangan   |
|------------------------|---------------------------|--------------------------|--|
| Ballroom/ruang sidang. | 200                       | 1                        | Sistem pencahayaan harus di rancang untuk menciptakan suasana yang sesuai. Sistem pengendalian "switching" dan "dimming" dapat digunakan untuk memperoleh berbagai efek pencahayaan. |

**Gambar 2** : Tingkat pencahayaan minimum dan renderasi warna yang direkomendasikan  
Sumber : SNI 03-6575-2001

### Fasad Bangunan

Menurut Sastra (2013), fasad adalah elemen bangunan yang pertama kali terlihat oleh publik dan menciptakan kesan khusus pada wajah bangunan. Fasad berperan penting dalam desain arsitektur sebagai identitas bangunan, serta mencerminkan teknologi desain dengan pola utama menggunakan curtain wall atau selubung terbuka, memiliki tingkat transparansi sekitar 60% - 70%. Secondary skin digunakan untuk sun-shading dan pengaturan suhu dalam ruangan (Ananda, 2023).

Fasad bangunan berfungsi sebagai selubung kuat dan transparan dengan bentuk optimal trapesium dan persegi panjang (Feng dkk., 2021). Bidang kaca dalam fasad memiliki peran penting dalam karakter arsitektural dan termal bangunan. Pemilihan kaca dengan transmisi cahaya rendah dapat mengurangi paparan sinar matahari (Putri, 2021). Namun, di iklim tropis seperti Indonesia, radiasi dan panas matahari dapat meningkatkan suhu dalam bangunan (Pramesti dkk., 2021). Selain itu, pemilihan material kaca juga mempengaruhi konsumsi energi bangunan terkait nilai SC, SF, dan nilai-U (Utama, 2022). Faktor seperti matahari/radiasi, suhu udara, kelembaban, dan kecepatan angin, serta faktor individu/subyektif berkontribusi pada kenyamanan dalam ruangan (Szokolay, 1987).

Double skin facade atau secondary skin merupakan fasad luar bangunan yang meningkatkan estetika dan mengatasi pengaruh sinar matahari (Rahadian dkk., 2021). Fungsinya meliputi menahan air hujan, pengaman bangunan, privasi, mengurangi rambat panas, serta menyembunyikan perlengkapan jaringan mekanikal atau elektrik. Bahan pembuatannya beragam, seperti besi hollow, kayu, dan baja, untuk menyesuaikan dengan desain bangunan dan menambah nilai estetika.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan simulasi 3D Modelling dengan cara mengkomparasikan bangunan eksisting dengan berbagai desain secondary skin yang lain untuk menemukan tipe Secondary Skin pada auditorium FIAI UII yang paling optimum untuk nilai OTTV dan pencahayaan. Metode simulasi lebih tepat digunakan dibandingkan pengukuran langsung di lapangan agar hasil antara design terbagun dan alternatif desain pada secondary skin tidak ada ketimpangan. Metode simulasi ini menawarkan efisiensi waktu yang lebih baik dan kontrol yang lebih optimal terhadap variabel-variabel, serta simulasi memungkinkan pemodelan skenario dengan cepat dan lebih fleksibel. Fokus penelitian adalah pengaruh OTTV dan pencahayaan alami pada ruangan auditorium yang berorientasi dari sisi barat dan timur. Ruang uji adalah auditorium dengan ukuran 19.2 m x 23.2 m x 4 m. Fasad secondary skin FIAI ditempatkan pada area barat dan timur bangunan, yang memiliki paparan matahari tertinggi dan Window to Wall Ratio (WWR).

Tujuan simulasi ini adalah menguji nilai pencahayaan alami dan OTTV. Model ruang uji akan disimulasikan sebelum pemasangan secondary skin, dengan sun shading. Kemudian, simulasi dilakukan pada ruang uji dengan pemasangan secondary skin. Auditorium FIAI

berada di lantai 5, ketinggian 16 m dari lantai dasar, dengan dinding masif tanpa bukaan WWR di sisi utara dan selatan. Simulasi akan dilakukan untuk pengujian dari arah barat dan timur.

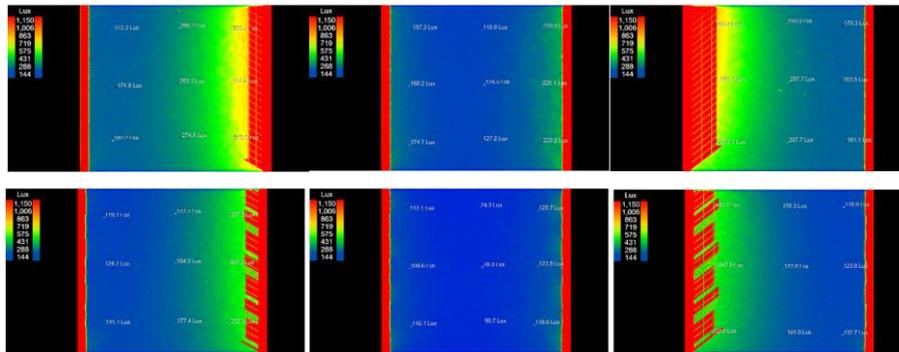


**Gambar 4** : Model Ruang Uji Sebelum dan Setelah Pemasangan Secondary Skin FIAI, serta Pemasangan Desain Secondary Skin  
Sumber : Penulis (2023)

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Pencahayaan Alami

Simulasi menempatkan 9 titik pada ruang uji untuk mendapatkan nilai lux dari pencahayaan alami di dalam ruang dengan simulasi menggunakan waktu krusial di pukul 09.00, 12.00 dan 16.00. Nilai lux dari 9 titik di dalam dalam simulasi akan di hitung rata nilai lux untuk mendapatkan hasil rata-rata pencahayaan alami didalam ruang dengan fasad dan tanpa fasad dengan pengujian menggunakan velux.



**Gambar 5** : Hasil Uji simulasi tanpa Secondary Skin dan Secondary Skin pukul 09.00, 12.00, dan 16.00  
Sumber : Penulis (2023)

##### Simulasi Tanpa Secondary Skin FIAI

Berdasarkan tabel 1 simulasi pada waktu krusial mendapatkan hasil rata-rata nilai pencahayaan alami sebesar 380.16 lux. Merujuk pada standar UDI nilai iluminasi pencahayaan ruang auditorium tanpa secondary skin menghasilkan 380.16 lux dianggap sudah sesuai standar penerangan di dalam ruang, dikarenakan efektif sebagai sumber penerangan . Berdasarkan SNI 03-6575-2001, pencahayaan minimum yang disyaratkan sebesar 200 lux. Hasil iluminasi pencahayaan di ruang auditorium telah memenuhi standar SNI, karena memiliki nilai lux melebihi standar minimum yang ditetapkan.

**Tabel 1** : Simulasi tanpa Secondary Skin pukul 09.00, 12.00, dan 16.00

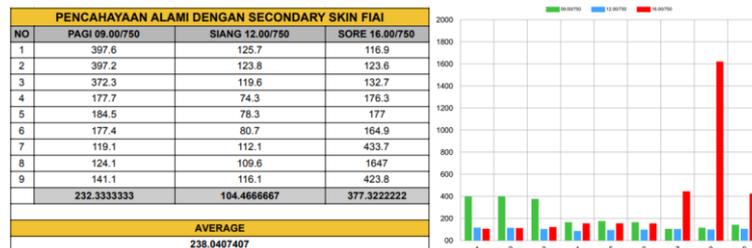
| PENCAHAYAAN ALAMI TANPA SECONDARY SKIN FIAI |                |                 |                |
|---|----------------|-----------------|----------------|
| NO  | PAGI 09.00/750 | SIANG 12.00/750 | SORE 16.00/750 |
| 1   | 590.1          | 218.9           | 179.3          |
| 2   | 607.2          | 228.1           | 183.5          |
| 3   | 543.6          | 220.2           | 181.1          |
| 4   | 268.2          | 119.9           | 250.3          |
| 5   | 269.3          | 124.5           | 257.7          |
| 6   | 274.6          | 127.2           | 237.7          |
| 7   | 172.2          | 157.2           | 800.8          |
| 8   | 174.9          | 168.2           | 1861.3         |
| 9   | 162.2          | 174.7           | 1691.5         |
|   |                |                 | 627.022222     |
| <b>AVERAGE</b>                              |                |                 |                |
| 380.162963                                  |                |                 |                |

Sumber: Penulis (2023)

### Simulasi Dengan Secondary Skin FIAI

Berdasarkan tabel 2 simulasi pada waktu krusial mendapatkan hasil rata-rata nilai pencahayaan alami sebesar 238.04 lux. Merujuk pada standar UDI dan SNI 03-6575-2001 nilai iluminasi pencahayaan ruang auditorium dengan menggunakan *secondary skin* menghasilkan 238.04 lux yang dianggap sudah memenuhi standar penerangan di dalam ruang, dikarenakan efektif dan nyaman sebagai sumber penerangan.

**Tabel 2 :** Simulasi dengan *Secondary Skin* FIAI pukul 09.00, 12.00, dan 16.00



Sumber : Penulis (2023)

Hasil dari penggunaan *secondary skin* dan tanpa *secondary skin* FIAI memiliki pengaruh terhadap nilai pencahayaan didalam ruang auditorium. Penggunaan *secondary skin* menghasilkan nilai 238.04 lux dan tanpa *secondary skin* menghasilkan 380.16 lux, tanpa penggunaan dan dengan *secondary skin* dapat menurunkan nilai iluminasi sebesar 142.12 lux. Berdasarkan hasil simulasi pada gambar 14, tabel 1, dan tabel 2, efek *secondary skin* dapat menurunkan nilai lux pencahayaan alami yang masuk dari arah timur pada pukul 09.00 dapat menurunkan 342.47 lux menjadi 232.33 lux, dan pencahayaan alami dari yang masuk dari arah barat pada pukul 16.00 dapat mengurangi 627.02 lux menjadi 377.32 lux. Ruang auditorium tanpa *secondary skin* dengan penggunaan *secondary skin* pada pukul 09.00 dan 16.00 masih memenuhi standar minimum UDI dan SNI 03-6575-2001 yang sesuai dengan kenyamanan pencahayaan di dalam ruang. Penggunaan *secondary skin* dan tanpa *secondary skin* pada pukul 12.00 sudah dapat memenuhi standar kenyamanan UDI di 100-500 lux, tetapi berdasarkan SNI 03-6575-2001 nilai iluminisasi yang di peroleh pada pukul 12.00 belum memenuhi standar kenyamanan pencahayaan di dalam ruang 200 lux.

### OTTV

Menurut SNI 6389:2011 nilai perpindahan termal menyeluruh untuk dinding dan atap tidak boleh melebihi 35 W/m<sup>2</sup>. Nilai Window to Wall Ratio pada ruang uji auditorium terdapat pada arah timur dan barat pada fasad bangunan dengan menggunakan material New Stopsol Supersilver Blue Green (SSBNF) ketebalan 6 mm pada setiap sisi fasad yang memiliki total area 138.24 m<sup>2</sup> dengan total WWR 43.64%, serta menggunakan material Brick Wall pada dinding Utara dan Selatan.

**Tabel 3 :** Hasil WWR

| BUILDING ENVELOPE COMPLIANCE FORM V2.0  |            |                |              |
|---|------------|----------------|--------------|
| PERSYARATAN   |            |                |              |
| Nilai Overall Thermal Transfer Value (OTTV) untuk bangunan tidak boleh melebihi 35 Watts/m <sup>2</sup> |            |                |              |
| No  | Side       | Total Area     | WWR          |
|   |            | m <sup>2</sup> | (%)          |
|   |            | F              | F / E        |
| 1   | UTARA      | -              | -            |
| 2   | TIMUR LAUT | -              | -            |
| 3   | TIMUR      | 69.12          | 90.00        |
| 4   | TENGGARA   | -              | -            |
| 5   | SELATAN    | -              | -            |
| 6   | BARAT DAYA | -              | -            |
| 7   | BARAT      | 69.12          | 90.00        |
| 8   | BARAT LAUT | -              | -            |
|   |            | <b>138.24</b>  | <b>43.64</b> |
|   |            | <b>TOTAL</b>   | <b>TOTAL</b> |

Sumber : Penulis (2023)

### Simulasi OTTV

Simulasi perhitungan pada tabel 4 OTTV tanpa penggunaan *secondary skin* menunjukkan nilai OTTV sebesar 66 watt/m<sup>2</sup>. Nilai OTTV yang dihasilkan tanpa menggunakan *secondary skin* sangat tidak efektif, dikarenakan nilai transfer thermal memiliki perbedaan yang terlalu signifikan dengan SNI 6389:2011 dan belum memenuhi standar 35 watt/m<sup>2</sup>.

**Tabel 4** : OTTV tanpa *Secondary Skin* FIAI

| No | Side       | Konduksi melalui Dinding | Konduksi melalui Bukaannya | Radiasi melalui Bukaannya | Total            | Total Area Fasad | OTTV                |
|----|------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------|------------------|---------------------|
|    |            | Watt                     | Watt                       | Watt                      | Watt             | m <sup>2</sup>   | Watt/m <sup>2</sup> |
|    |            | A                        | B                          | C                         | D = A + B + C    | E                | D / E               |
| 1  | UTARA      | 2,031.66                 | -                          | -                         | 2,031.66         | 81.60            | 24.90               |
| 2  | TIMUR LAUT | -                        | -                          | -                         | -                | -                | -                   |
| 3  | TIMUR      | 191.21                   | 1,969.92                   | 3,960.74                  | 6,121.87         | 76.80            | 79.71               |
| 4  | TENGGARA   | -                        | -                          | -                         | -                | -                | -                   |
| 5  | SELATAN    | 2,031.66                 | -                          | -                         | 2,031.66         | 81.60            | 24.90               |
| 6  | BARAT DAYA | -                        | -                          | -                         | -                | -                | -                   |
| 7  | BARAT      | 191.21                   | 1,969.92                   | 8,593.38                  | 10,754.52        | 76.80            | 140.03              |
| 8  | BARAT LAUT | -                        | -                          | -                         | -                | -                | -                   |
|    |            | <b>4,445.74</b>          | <b>3,939.84</b>            | <b>12,554.12</b>          | <b>20,939.70</b> | <b>316.80</b>    | <b>66.10</b>        |
|    |            | TOTAL                    | TOTAL                      | TOTAL                     | TOTAL            | TOTAL            | TOTAL               |

Sumber : Penulis, (2023)

Berdasarkan hasil simulasi tabel 5 OTTV dengan penggunaan *secondary skin* FIAI menunjukkan nilai OTTV sebesar 58.22 watt/m<sup>2</sup>, dimana nilai pengurangan 7.88 watt/m<sup>2</sup> yang tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai transfer thermal. Penggunaan *secondary skin* FIAI menurut perhitungan belum dapat memenuhi SNI 35 watt/m<sup>2</sup>.

**Tabel 5** : OTTV *Secondary Skin* FIAI

| No | Side       | Konduksi melalui Dinding | Konduksi melalui Bukaannya | Radiasi melalui Bukaannya | Total            | Total Area Fasad | OTTV                |
|----|------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------|------------------|---------------------|
|    |            | Watt                     | Watt                       | Watt                      | Watt             | m <sup>2</sup>   | Watt/m <sup>2</sup> |
|    |            | A                        | B                          | C                         | D = A + B + C    | E                | D / E               |
| 1  | UTARA      | 2,031.66                 | -                          | -                         | 2,031.66         | 81.60            | 24.90               |
| 2  | TIMUR LAUT | -                        | -                          | -                         | -                | -                | -                   |
| 3  | TIMUR      | 191.21                   | 1,969.92                   | 3,173.74                  | 5,334.87         | 76.80            | 69.46               |
| 4  | TENGGARA   | -                        | -                          | -                         | -                | -                | -                   |
| 5  | SELATAN    | 2,031.66                 | -                          | -                         | 2,031.66         | 81.60            | 24.90               |
| 6  | BARAT DAYA | -                        | -                          | -                         | -                | -                | -                   |
| 7  | BARAT      | 191.21                   | 1,969.92                   | 6,885.88                  | 9,047.01         | 76.80            | 117.80              |
| 8  | BARAT LAUT | -                        | -                          | -                         | -                | -                | -                   |
|    |            | <b>4,445.74</b>          | <b>3,939.84</b>            | <b>10,059.62</b>          | <b>18,445.20</b> | <b>316.80</b>    | <b>58.22</b>        |
|    |            | TOTAL                    | TOTAL                      | TOTAL                     | TOTAL            | TOTAL            | TOTAL               |

Sumber : Penulis (2023)

Penggunaan dan tanpa penggunaan *secondary skin* FIAI belum memenuhi standar nilai OTTV 35 watt/m<sup>2</sup> karena sistem fenestrasi menggunakan material yang tidak sesuai atau bukaan jendela terlalu besar dengan total WWR 43.64%. Penggunaan *secondary skin* FIAI memiliki OTTV sebesar 58.22 watt/m<sup>2</sup>, sedangkan tanpa *secondary skin* OTTV-nya sebesar 66.10 watt/m<sup>2</sup>, tidak berbeda jauh. Penggunaan *secondary skin* pada bangunan auditorium FIAI dianggap tidak efektif dalam memenuhi standar OTTV, sehingga perlu dilakukan perancangan ulang dengan mengganti material kaca, mengecilkan WWR, atau merancang *secondary skin* untuk lebih efektif dalam merespon cahaya matahari untuk mengurangi beban transfer thermal ke dalam ruangan. Hal ini sesuai dengan kutipan Utama (2022) yang menyatakan bahwa penggunaan material kaca yang tepat dapat menurunkan nilai OTTV bangunan terkait nilai SC, SF, dan nilai-U dalam performa termal bangunan.

### Desain Sistem Fenestrasi dan *Secondary Skin* FIAI

Sistem fenestrasi auditorium di desain ulang pada area bukaan bangunan yang terdapat pada arah timur dan barat yang sebelumnya menggunakan material New Stopsoil Supersilver Blue Green (SSBNF) dengan ketebalan 6 mm, dengan mengganti sistem fenestrasi menggunakan material Stopray Vision 38T dengan ketebalan 6 mm.

| Desain Sistem Fenestrasi |      |         |
|--------------------------|------|---------|
| Material                 | SHGC | U-value |
| Stopray Vision 38T 6 mm  | 0.21 | 1.5     |

| Secondary Skin  |                              |
|---|------------------------------|
|  | Secondary Skin FIAI (1x4)    |
|  | Design Secondary Skin (3x12) |

**Gambar 6** : Desain Sistem Fenestrasi dan Secondary Skin  
Sumber : Penulis (2023)

**Simulasi OTTV**

Simulasi perhitungan pada tabel 6 OTTV menggunakan desain sistem fenestrasi dengan *secondary skin* FIAI menunjukkan nilai OTTV sebesar 32.20 watt/m<sup>2</sup>, dengan perancangan ulang pada area bukaan menggunakan material stopray efektif untuk mengurangi nilai OTTV dengan tetap menggunakan desain *secondary skin* FIAI yang dapat menurunkan nilai transfer thermal dari 58.22 watt/m<sup>2</sup> menjadi 32.20 watt/m<sup>2</sup>, dimana nilai transfer thermal yang diturunkan sebesar 26.02 watt/m<sup>2</sup>. Dengan menggunakan desain fenestrasi menjadi lebih efektif didalam merespon attractor (cahaya matahari) yang dapat menurunkan nilai transfer thermal yang sesuai dengan SNI 6389:2011 dan memenuhi standar 35 watt/m<sup>2</sup>.

**Tabel 6** : OTTV Desain Fenestrasi dan *Secondary Skin* FIAI

| No | Side       | Konduksi melalui Dinding | Konduksi melalui Bukaan | Radiasi melalui Bukaan | Total                 | Total Area Fasad    | OTTV                         |
|----|------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------------|
|    |            | Watt<br>A                | Watt<br>B               | Watt<br>C              | Watt<br>D = A + B + C | m <sup>2</sup><br>E | Watt/m <sup>2</sup><br>D / E |
| 1  | UTARA      | 2,031.66                 | -                       | -                      | 2,031.66              | 81.60               | 24.90                        |
| 2  | TIMUR LAUT | -                        | -                       | -                      | -                     | -                   | -                            |
| 3  | TIMUR      | 191.21                   | 518.40                  | 1,488.77               | 2,198.39              | 76.80               | 28.62                        |
| 4  | TENGGARA   | -                        | -                       | -                      | -                     | -                   | -                            |
| 5  | SELATAN    | 2,031.66                 | -                       | -                      | 2,031.66              | 81.60               | 24.90                        |
| 6  | BARAT DAYA | -                        | -                       | -                      | -                     | -                   | -                            |
| 7  | BARAT      | 191.21                   | 518.40                  | 3,230.10               | 3,939.72              | 76.80               | 51.30                        |
| 8  | BARAT LAUT | -                        | -                       | -                      | -                     | -                   | -                            |
|    |            | <b>4,445.74</b>          | <b>1,036.80</b>         | <b>4,718.87</b>        | <b>10,201.42</b>      | <b>316.80</b>       | <b>32.20</b>                 |
|    |            | <b>TOTAL</b>             | <b>TOTAL</b>            | <b>TOTAL</b>           | <b>TOTAL</b>          | <b>TOTAL</b>        | <b>TOTAL</b>                 |

Sumber : Penulis (2023)

Berdasarkan hasil simulasi penggunaan desain sistem fenestrasi dan desain *secondary skin* dengan pola grid 3x12 pada tabel 7 menunjukkan nilai OTTV sebesar 30.92 watt/m<sup>2</sup>. Penggunaan desain *secondary skin* pola grid 3x12 dapat menurunkan nilai OTTV dari 32.20 watt/m<sup>2</sup> menjadi 30.92 watt/m<sup>2</sup> dengan penurunan nilai sebesar 1.28 watt/m<sup>2</sup>. Nilai OTTV dengan menggunakan desain *secondary skin* lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan *secondary skin* FIAI dimana penurunanan nilai transfer thermal sebesar 30.92 watt/m<sup>2</sup> yang sesuai dengan ketentuan SNI 6389:2011 dan memenuhi standar 35 watt/m<sup>2</sup>.

**Tabel 7** : OTTV Desain Fenestrasi dan Desain *Secondary Skin*

| No | Side       | Konduksi melalui Dinding | Konduksi melalui Bukaan | Radiasi melalui Bukaan | Total                 | Total Area Fasad    | OTTV                         |
|----|------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------------|
|    |            | Watt<br>A                | Watt<br>B               | Watt<br>C              | Watt<br>D = A + B + C | m <sup>2</sup><br>E | Watt/m <sup>2</sup><br>D / E |
| 1  | UTARA      | 2,031.66                 | -                       | -                      | 2,031.66              | 81.60               | 24.90                        |
| 2  | TIMUR LAUT | -                        | -                       | -                      | -                     | -                   | -                            |
| 3  | TIMUR      | 191.21                   | 518.40                  | 1,360.57               | 2,070.19              | 76.80               | 26.96                        |
| 4  | TENGGARA   | -                        | -                       | -                      | -                     | -                   | -                            |
| 5  | SELATAN    | 2,031.66                 | -                       | -                      | 2,031.66              | 81.60               | 24.90                        |
| 6  | BARAT DAYA | -                        | -                       | -                      | -                     | -                   | -                            |
| 7  | BARAT      | 191.21                   | 518.40                  | 2,951.96               | 3,661.57              | 76.80               | 47.68                        |
| 8  | BARAT LAUT | -                        | -                       | -                      | -                     | -                   | -                            |
|    |            | <b>4,445.74</b>          | <b>1,036.80</b>         | <b>4,312.53</b>        | <b>9,795.07</b>       | <b>316.80</b>       | <b>30.92</b>                 |
|    |            | <b>TOTAL</b>             | <b>TOTAL</b>            | <b>TOTAL</b>           | <b>TOTAL</b>          | <b>TOTAL</b>        | <b>TOTAL</b>                 |

Sumber : Penulis (2023)

Tabel 8 menunjukkan hasil performa dari sistem fenestrasi FIAI dengan menggunakan material Stopsol dan desain sistem fenestrasi area bukaan dengan menggunakan Stopray bersama *secondary skin* serta tanpa *secondary skin*. Penggunaan sistem fenestrasi dengan material Stopsol pada ruang auditorium FIAI belum memenuhi standar OTTV. Namun, penggunaan desain sistem fenestrasi dengan material Stopray menunjukkan hasil sesuai dengan SNI 6389:2011 yang tidak melebihi 35 watt/m<sup>2</sup>, baik dengan penggunaan *secondary skin* FIAI atau tanpa *secondary skin*.

**Tabel 8 :** OTTV Desain Fenestrasi dan Desain *Secondary Skin*

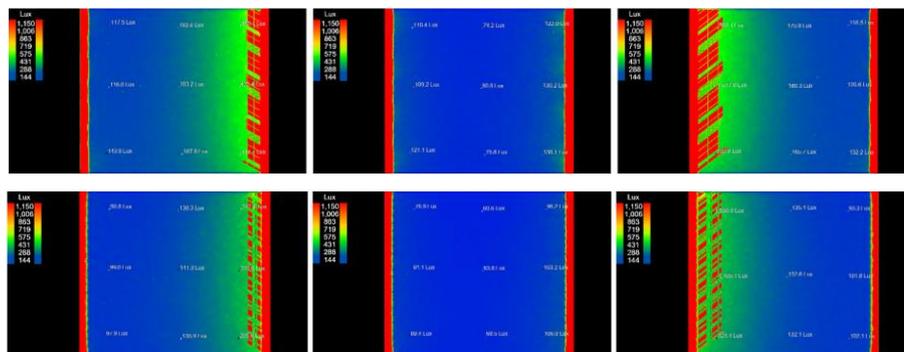
| Fasad   | Nama Kondisi                                    |             |         |       | OTTV (watt/m <sup>2</sup> ) |
|---|---|-------------|---------|-------|-----------------------------|
|   | Tipe Kaca                                       | Ukuran Grid | Derajat | WWR   |                             |
| <br>Tanpa <i>Secondary Skin</i>  | New Stopsol Supersilver Blue Green (SSBNF) 6 mm | 0           | 0       | 43.64 | 66.1                        |
| <br>Dengan <i>Secondary Skin</i> | New Stopsol Supersilver Blue Green (SSBNF) 6 mm | 1x4         | 60      | 43.64 | 58.22                       |
| <br>Dengan <i>Secondary Skin</i> | Stopray Vision 38T 6 mm                         | 1x4         | 60      | 43.64 | 32.2                        |
| <br>Desain <i>Secondary Skin</i> | Stopray Vision 38T 6 mm                         | 3x12        | 0       | 43.64 | 30.92                       |

Sumber : Penulis, (2023)

Penggunaan material pada sistem fenestrasi pada area bukaan sangat mempengaruhi nilai transfer thermal dan respon attractor di ruang auditorium FIAI. Penggunaan material stopsol menyebabkan nilai OTTV yang tinggi dan belum memenuhi standar SNI. Namun, dengan mengganti material dari stopsol menjadi stopray dalam desain sistem fenestrasi, nilai OTTV dapat menurun secara signifikan sesuai dengan standar SNI 35 watt/m<sup>2</sup>.

**Pencahayaan Alami**

Simulasi model ruang auditorium FIAI UII dengan desain sistem fenestrasi dan *secondary skin* untuk mendapatkan nilai pencahayaan alami terhadap ruang uji dengan menggunakan *Secondary Skin* FIAI, dan desain *Secondary Skin*. Simulasi menempatkan 9 titik pada ruang uji untuk mendapatkan nilai lux dari pencahayaan alami didalam ruang dengan simulasi pada waktu krusial di pukul 09.00, 12.00 dan 16.00 untuk mengetahui nilai lux yang dihasilkan sudah sesuai standar UDI dan SNI.



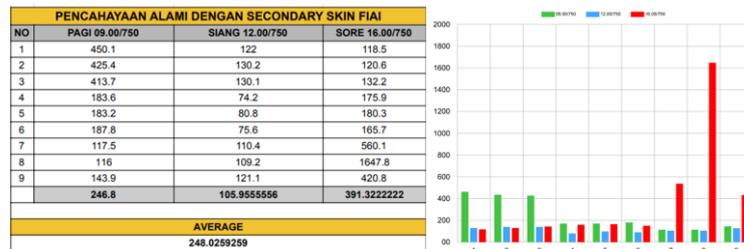
**Gambar 7 :** Hasil Uji simulasi Desain Fenestrasi dengan *Secondary Skin* FIAI dan Uji simulasi Desain Fenestrasi dengan Desain *Secondary Skin*.

Sumber : Penulis, (2023)

### Hasil Simulasi Dengan Secondary Skin FIAI

Tabel 9 menunjukkan hasil simulasi pada waktu krusial mendapatkan hasil rata-rata nilai pencahayaan alami sebesar 248.02 lux. Merujuk pada standar UDI dan SNI 03-6575-2001 nilai iluminasi pencahayaan ruang auditorium dengan menggunakan sistem fenestrasi dan seoncadry skin FIAI menghasilkan 248.02 lux yang sudah memenuhi standar penerangan di dalam ruang, dikarenakan efektif dan nyaman sebagai sumber penerangan.

**Tabel 9** : Hasil Desain Sistem Fenestrasi dan Secondary Skin FIAI pukul 09.00, 12.00, dan 16.00

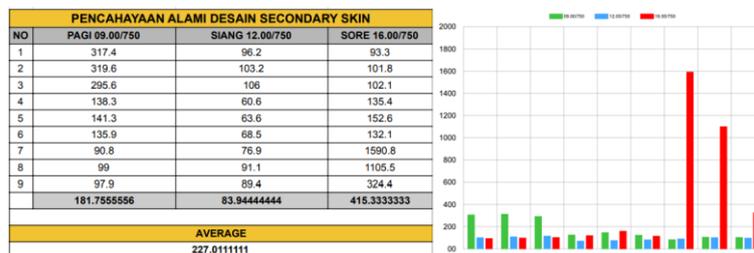


Sumber : Penulis, (2023)

### Hasil Simulasi Dengan Desain Secondary Skin

Berdasarkan tabel 10 hasil simulasi pada waktu krusial mendapatkan hasil rata-rata nilai pencahayaan alami sebesar 227.01 lux. Merujuk pada standar UDI dan SNI 03-6575-2001 nilai iluminasi pencahayaan ruang auditorium dengan menggunakan secondary skin menghasilkan 227.01 lux yang dianggap sudah memenuhi standar penerangan di dalam ruang, dikarenakan efektif dan nyaman sebagai sumber penerangan.

**Tabel 10** : Hasil Desain Sistem Fenestrasi dan Desain Secondary Skin pukul 09.00, 12.00, dan 16.00



Sumber : Penulis, (2023)

Penggunaan secondary skin FIAI dan desain secondary skin berpengaruh pada pencahayaan ruang auditorium, tetapi tidak terlalu signifikan dan masih memenuhi standar UDI dan SNI 03-6575-2001. Secondary skin FIAI menghasilkan 248.02 lux, sedangkan desain secondary skin menghasilkan 227.01 lux. Pada pukul 12.00, penggunaan secondary skin FIAI memenuhi standar UDI (100-500 lux) tetapi belum memenuhi SNI (200 lux), sedangkan desain secondary skin belum mencapai standar UDI dan SNI dengan nilai pencahayaan 83.94 lux.

### OTTV dan Pencahayaan Alami

Berdasarkan tabel 11 pengaruh bentuk secondary skin FIAI pola 1x4 dengan menggunakan sistem fenestrasi dengan material SSBNF memiliki nilai OTTV dan pencahayaan alami yang berbeda dengan perancangan sistem fenestrasi menggunakan material Stopray Vision 38T dengan pola grid FIAI 1x4 dan pola desain 3x12.

**Tabel 11 : OTTV dan Pencahayaan Alami**

| Fasad                 | Nama Kondisi                                    |             |         |       | OTTV (watt/m <sup>2</sup> ) | Pencahayaan Alami |           |         |        |
|-----------------------|---|-------------|---------|-------|-----------------------------|-------------------|-----------|---------|--------|
|                       | Tipe Kaca                                       | Ukuran Grid | Derajat | WWR   |                             | Lux               |           |         |        |
|                       |   |             |         |       | 09.00/750                   | 12.00/750         | 16.00/750 | Average |        |
| Tanpa Secondary Skin  | New Stopsol Supersilver Blue Green (SSBNF) 6 mm | 0           | 0       | 43.64 | 66.1                        | 342.47            | 170.98    | 627.02  | 380.18 |
| Dengan Secondary Skin | New Stopsol Supersilver Blue Green (SSBNF) 6 mm | 1x4         | 60      | 43.64 | 58.22                       | 232.33            | 104.46    | 377.32  | 238.04 |
| Dengan Secondary Skin | Stoprpay Vision 38T 6 mm                        | 1x4         | 0       | 43.64 | 32.2                        | 246.8             | 105.95    | 391.32  | 248.02 |
| Desain Secondary Skin | Stoprpay Vision 38T 6 mm                        | 3x12        | 60      | 43.64 | 30.92                       | 181.75            | 83.94     | 415.33  | 227.01 |

Sumber : Penulis, (2023)

Penggunaan desain fenestrasi dengan material SSBNF tanpa secondary skin dan pengaruh penggunaan bentuk *secondary skin* FIAI belum memenuhi OTTV SNI 35 watt/m<sup>2</sup>, dengan nilai pencahayaan pada pukul 09.00, 12.00, 16.00 sudah memenuhi standar minimum UDI, sedangkan pada pukul 12.00 belum memnuhi standar minimum SNI 200 lux. Pengaruh bentuk *secondary skin* dengan perancangan ulang sistem fenestrasi menggunakan material Stopray Vision 38T dengan penggunaan pola FIAI 1x4 dan desain 3x12 efektif di dalam menurunkan nilai OTTV yang sesuai dengan Standar SNI dibawah 35 watt/m<sup>2</sup>. Pengaruh perancangan sistem fenestrasi dengan penggunaan pola grid FIAI 1x4 terhadap pencahayaan alami pada pukul 09.00, 12.00, 16.00 memenuhi standar UDI dan pada pukul 12.00 belum memenuhi standar SNI di 200 lux, sedangkan pengaruh bentuk desain secondary skin dengan menggunakan pola 3x12 pada pukul 09.00, 16.00 sudah dapat memenuhi standar UDI dan pukul 09.00 dan 12.00 belum dapat memehuni standar minimu SNI di 200 lux.

## 5. KESIMPULAN

Bentuk secondary skin FIAI dan desain *secondary skin* memiliki pengaruh terhadap nilai OTTV dan pencahayaan di dalam ruang auditorium FIAI. *Secondary skin* FIAI denga sistem fenestrasi dengan menggunakan material stopsol memiliki nilai OTTV yang tidak memenuhi standar SNI dan nilai rata-rata pencahayaan yang dihasilkan sesuai dengan standar kenyamanan UDI dan SNI. Penggunaan sistem fenestrasi menggunakan material stopray dengan gabungan *secondary skin* FIAI dan desain *secondary skin* efektif di dalam menurunkan nilai thermal yang sesuai dengan standar SNI dibawah 35 watt/m<sup>2</sup> dengan nilai iluminasi pencahayaan di dalam ruang yang sesuai dengan standar UDI dan SNI. Faktor utama terhadap penurunan nilai OTTV ruang auditorium FIAI adalah pemilihan material sistem fenestrasi dan desain *secondary skin*. Pencahayaan alami ruang auditorium FIAI di pengaruhi oleh grid pola, dan bentuk secondary skin, semakin kecil grid pola *secondary skin* semakin banyak pencahayaan alami yang masuk. Faktor bentuk secondary skin dan konfigurasi grid merupakan hal yang berperan penting di dalam menurunkan nilai pencahayaan, dan perancangan sistem fenestrasi, serta penggunaan grid secondary skin dengan WWR yang sama menjadi faktor yang sangat berperan didalam menentukan nilai OTTV yang dihasilkan di ruang auditorium FIAI, dimana sistem fenestrasi, grid, dan bentuk secondary skin yang berbeda memberikan hasil yang berbeda.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

ALFIAN, W. O. (2018). PENGARUH FASAD TERHADAP KINERJA ENERGI PENDINGINAN PADA KANTOR PEMERINTAH DI SURABAYA. Program Magister Bidang Keahlian Arsitektur Lingkungan ITS, 14-16.

- Ananda, K., & Hariyadi, A. (2023). An Adaptive Photovoltaic Performance Study with a Biomimetic Approach for Energy Saving. *Journal of Artificial Intelligence in Architecture*, Vol. 2, No. 1, February 2023, 2, 1-15.
- Feng, J., Luo, X., Gao, M., Abbas, A., Xu, Y.-P., & Pouramini, S. (2021). Minimization of energy consumption by building shape optimization using an improved Manta-Ray Foraging Optimization algorithm. *Energy Reports* 7, 1068–1078.
- Fikri, R. (2020). PENGARUH PENERAPAN DESAIN SHADING DEVICE PADA ITDC OFFICE SEMARANG. *I M A J I*, 9, 171-180.
- Imran, M. (2019). Analisa Hemat Energi Terhadap Gedung GPIB Kelapa Gading Melalui Pendekatan OTTV. *LINEARS*, September, 2019 Vol.2, No. 02, hal.79-91, 2, 79-91.
- Iqbal, M. (2015). OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE Studi Kasus : Ruang Kuliah III Pada Program Studi Arsitektur Universitas Malikussaleh. *Arsitekno*, vol.5, no. 5, hlm. 32 – 41, Januari 2015, 3, 32-41.
- Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2006). Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*, 38(7), 905–913.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.03.013>
- Narhadi, J. M. S. (2019). Kajian bentuk, fasad, dan ruang dalam pada masjid cheng ho palembang. 2, 183–192.
- Nurhaiza, & Lisa, N. P. (2016). Optimalisasi Pencahayaan Alami pada Ruang Studi Kasus: Gedung Prodi Arsitektur Universitas Malikussaleh. *Arsitekno*, vol.7, no. 7, hlm. 32 – 40, Januari 2016, 7, 32-40.
- Pramesti, P. U., Ramandhika, M., Hasan, M. I., & Werdiningsih, H. (2021). The influence of building envelope design in energy efficiency: OTTV calculation of multi storey building. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 623 (2021) 012075, 1-6.
- Putri, W. N. (2021). The Effectiveness of Building Envelope through OTTV Analysis Case Study: Building B, Universitas Pembangunan Jaya. *International Conference of Social Design 2022 Proceeding*, 173-181.
- Rahadian, Erwin Yuniar., Dwiastuti, Windi., Maretia, Nanda Annisa., Fitriani, Beri. (2021). Pengaruh Secondary Skin Fasad Bangunan terhadap Kualitas Pencahayaan Alami Ruang Kerja. Bandung: Insitut Teknologi Nasional Bandung.
- Sheng, W., Zhang, L., & Ridley, I. (2020). The impact of minimum OTTV legislation on building energy consumption. *Energy Policy* 136 (2020) 111075, 1-13.
- SNI 03-6389-2011. Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung. Badan Standarisasi Nasional, 2011.
- SNI 03-6575-2001. Tata cara perancangan sistem pencahayaan pada bangunan. Badan Standarisai Nasional, 2001.
- Szokolay S V 1987 *Thermal Design of Buildings* (Canberra: RAIA Education Division)
- Talarosha, Basaria. 2005. Menciptakan Kenyamanan Termal dalam Bangunan. *Jurnal Sistem Teknik Industri*. 6(3): 148-158.
- Utama, H., & Setyowati, E. (2022). Optimizing the Energy Conservation of High-rise Buildings Through the Choice of Glass Materials as Facades. *Arsitektura*, 353-364.
- Vidiyanti, C., Siswanto, R., & Ramadhan, F. (2020). PENGARUH BUKAAN TERHADAP PENCAHAYAAN ALAMI DAN PENGHAWAAN ALAMI PADA MASJID AL AHDHAR BEKASI. *Arsitektur ZONASI : Vol. 3 No. 1, Februari 2020*, 3, 20-33.

Vidiyanti, Christy; dkk. Kualitas Pencahayaan Alami Dan Penghawaan Alami Pada Bangunan Dengan Fasade Roster (Studi Kasus: Ruang Sholat Masjid Bani Umar Bintaro). Jurnal Vitruvian. Vol.7 No.2 Februari 2018 p.99-106

Yuristianto, F. W. (2020). Peran Material Selubung Dalam Mereduksi Panas Dalam Bangunan Studi Kasus: Gedung Rontgen Rs Mardi Rahayu. Sakapari 6 + SIA 2020, 179-190.